

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Automaatiotekniikka

2010

Miika Kaukinen

TUOTANNON LAADUN SEURANTA JA KEHITTÄMINEN PROFEC TECHNOLOGIES OY:SSÄ



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Automaatiotekniikka

Maaliskuu 2010 | 28

Ohjaaja Timo Vaskikari

Miika Kaukinen

TUOTANNON LAADUN SEURANTA JA KEHITTÄMINEN PROFEC TECHNOLOGIES OY:SSÄ

Tutkimuksessa selvitettiin, missä yrityksen valmistamissa keloissa ja muuntajissa oli eniten valmistusvirheitä, mistä nämä virheet johtuivat sekä pohdittiin korjaavia toimenpiteitä hävikin vähentämiseksi.

Tutkimusaineisto koostui yrityksen omaan käyttöönsä kehittämän sisäisen laadunseurannan ohjelman SiLaSen avulla tallennetuista tuotekohtaisista tuotantomääristä ja virhetyypeistä. Tarkasteltavaksi valittiin tuotteita, joita valmistettiin kappalemääräisesti eniten ja joilla oli yrityksen talouteen suurin vaikutus.

Tuotannon laatuun ja tuotteissa havaittujen virheiden määrään vaikuttivat mm. seuraavat tekijät: työntekijöiden vaihtuvuus, palkkaus, kiire, vastuullisuus, koneiden säädöt, tuotevaatimukset ja laaduntarkastukseen liittyvät asiat.

Tutkimuksessa laadun seurannan ja kehittämisen kannalta keskeisimmiksi asioiksi nousivat henkilökunnan koulutus ja ammattitaito, tuotantolaitteiden hyvä kunto sekä jatkuva laaduntarkkailu.

ASIASANAT:

Tuotanto, laatu, kehittäminen

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Automation Engineering

March 2010 | 28

Instructor Timo Vaskikari

Miika Kaukinen

PRODUCTION QUALITY AND IMPROVEMENT AT PROFEC TECHNOLOGIES OY

The aim of this thesis was to find out in which products there were manufacturing errors, where these errors came from and how the manufacturing process could be improved.

The data was gathered from SiLaSe. This program was developed for the company's internal use so that they could monitor production quantities and error types which occur in the production. The main focus was in large quantity products that had a great impact on the company's finance.

The key results showed that the following items had influence on the production and the quality of the products: employee turnover, salary, rush, responsibility, settings of the production machines, product specifications and quality control.

The conclusion was that employee training, their professional skills, condition of production machinery with constant quality control and improvement had the greatest impact on the production quality.

KEYWORDS:

Production, Quality, Improvement

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
2 TUOTTEET	6
2.1 Kelat ja muuntajat	6
2.2 Materiaalit	6
3 TUOTANTOPROSESSI	9
3.1 Käsikäämintä ja automaattikäämintä	9
3.2 Juotos	10
3.3 Kokoonpano	10
3.3.1 Välieriste	10
3.3.2 Pohjaeriste	10
3.4 Sähköiset testit	11
3.4.1 Jännitekoe	11
3.4.2 Induktanssi	11
3.4.3 Kapasitanssi	11
3.5 Liimaus	12
3.5.1 Ferriittien keskinäinen liimaus	12
3.5.2 Ferriittien liimaus kellarunkoon	12
3.6 Leimaus	12
3.7 Tarkistus	12
3.8 Pakkaus	13
4 POIKKEAMAT TUOTANNOSSA	13
4.1 Toiminta virhetilanteissa	13
4.2 Tuotteelle asetetut vaatimukset	14
4.3 Yleisimmät virhetyypit	18
4.4 Materiaalin talteenotto	19
5 TUOTANNON SEURANTA	19
5.1 Ohjeet ja vaatimukset	19
5.2 Työmääräimet	20
5.3 Sisäisen laadunseurannan ohjelma SiLaSe	20
6 TUOTANTOTIEDOT JA NIIDEN ANALYSOINTI	21
6.1 Tuotantomäärät	22
6.2 Valmistusvirheet	22
6.2.1 Automaattikäämintä – Tamurakasaus	22
6.2.2 E6.3 – Automaattikasaus	22
6.2.3 Automaattikäämintä – Automaattikasaus	23
6.2.4 Käsikäämintä – Käsikasaus	24

7 TULOKSET	24
8 YHTEENVETO	26
LÄHTEET	28

LIITTEET

Liite 1. Viron ja Nummelan tuotantoluvut, kappalemääräiset virheet

Liite 2. Viron ja Nummelan tuotantoluvut, prosentuaaliset virheet

KUVIOT

Kuvio 1. Tuotantoprosessi	9
---------------------------	---

TAULUKOT

Taulukko 1. Otostarkastuksen näytteenottotaulukko	17
Taulukko 2. Virhetyypit, korjaavat toimenpiteet ja materiaalin talteenotto	18

1 Johdanto

Profec Technologies Oy (myöhemmin Profec) on keloja ja muuntajia valmistava, ruotsalaiseen ElektronikGruppen BK Ab konserniin kuuluva yritys. Se toimittaa tuotteitaan elektroniikkateollisuudelle ja yrityksen tuotteita käytetään esimerkiksi tukiasemissa, modeemeissa ja fakseissa.

Markkinoiden muuttuessa ja kilpailun kiristyessä yrityksen tuotanto Nummelassa ajettiin alas vuoden 2003 lopulla ja tuotantolinjat siirrettiin Viroon. Tässä opinnäytetyössä verrataan sekä Nummelan tuotantolukuja että virheellisten tuotteiden lukumäärää Viron nykyisiin vastaaviin lukuihin.

Työn keskeisenä osana on yrityksen itsensä kehittämän sisäisen laadunseurannan ohjelman SiLaSen avulla kerätty tieto tuotekohtaisista valmistusmääristä ja virhetypeistä. Nummelan tuotannon tiedot ovat vuodelta 2003, viidenkymmenen kalenteriviikon ajalta. Viron tuotannon tiedot ovat vastaavasti yhtä pitkältä ajanjaksolta, vuoden 2007 viikosta 22 taaksepäin. Lisäksi tarkasteluun on yrityksen pyynnöstä otettu kaksi Virossa nykyisin valmistettavaa volyymituotetta.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, missä yrityksen keskeisissä tuotteissa on eniten valmistusvirheitä, mistä nämä virheet johtuvat sekä pohtia korjaavia toimenpiteitä hävikin vähentämiseksi.

2 Tuotteet

2.1 Kelat ja muuntajat

Yrityksen tuotevalikoima koostuu keloista ja muuntajista. Sekä kelat että muuntajat suunnitellaan asiakkaan tarpeiden mukaan, jolloin ne soveltuvat eri käyttötarkoituksiin.

Kela on magneettinen komponentti, jossa kulkeva virta synnyttää käämin sisälle magneettikentän. Kela pyrkii estämään lävitsensä kulkeva virran muutoksia sallimalla navoissaan suuriakin jännitteen muutoksia. Kelan sisällä voi olla voimakkaasti magnetoituva ferromagneettinen sydän, tai se voi puuttua kokonaan, jolloin kelassa on ilmasydän. (Tuominen 2005, 2 - 4.)

Käämi on sydämen tai käämirungon päälle kierretty erä eristettyä johdinta. Yksi käämi on kahden ulosoton välinen osa. Sen alku- ja loppupää varustetaan suojuuksilla, ellei kellarungon rakenne tai tuotespesifikaatio muuta edellytä. (Profec Technologies Oy 2007, 3.)

Muuntajan avulla voidaan muuntaa alkuperäinen vaihtojännite suuremmaksi tai pienemmäksi. Muuntajassa on samalla magneettisydämellä kaksi käämiä, ensiökäämi ja toisiökäämi. Muunnettava vaihtojännite tulee ensiökäämille, ja muunnettu jännite tulee ulos toisiökäämiltä. Muuntajalla voidaan myös sovittaa yhteen piirejä, joiden impedanssit poikkeavat toisistaan. (Tuominen 2005, 36.)

2.2 Materiaalit

Ferriitti

Ferriitti on yleisnimitys ei-metallisille pehmeille ferromagneettisille materiaaleille. Sen tehtävä muuntajassa on ohjata magneettivuo kulkemaan muuntajan läpi. Ferriitin kyky johtaa magneettivuota on jopa useita tuhansia kertoja suurempi kuin ilman. Ferriitin valmistusmateriaalit koostuvat hyvin hienojakoisesta pulverista ja eristävistä sidontamateriaaleista. Seosaineina ferriitin valmistuksessa käytetään mm. mangaanin, nikkelin, sinkin, kuparin ja

magnesiumin yhdisteitä. Valmistusvaiheessa ferriitti puristetaan haluttuun muotoon ja paistetaan eli sintrataan korkeassa lämpötilassa, lopullisen mekaanisen lujuuden saavuttamiseksi. (Profec Technologies Oy 2007, 7.)

Kelarunko

Kelarunkoja valmistetaan useasta eri materiaalista. Pääsääntöisesti käytetään kuitenkin kahta materiaalia: sinertävän harmaata Vectraa ja syvän mustaa Termosetia. Termoset kestää korkeita lämpötiloja useiden sekuntien ajan toisin kuin Vectra. Termoset-materiaali ei kuitenkaan kestä suuria mekaanisia rasituksia kuten taivuttelua. (Profec Technologies Oy 2007, 7.)

Eristelevy

Eristelevyt ovat polykarbonaattikalvoa. Materiaalilla on hyvä eristyskyky ja se pysyy muuttumattomana. Eristeitä laitetaan komponentin pohjaan eristämään piirilevyllä komponentti sen alla kulkevista johtimista ja vedoista. Komponentin sisällä välieristeiden tarkoituksena on lisätä jännitteensietokykyä eristämällä kelarunko ferriitistä sekä estää lankoja koskemasta ferriittiin. Eristelevyä voidaan käyttää myös tiivistämään kelarunko ferriittien sisällä niin, ettei kelarunko pääse liikkumaan. (Profec Technologies Oy 2007, 8.)

Käämilanka

Langat ovat pääsääntöisesti polyuretaanilakkapäällysteistä kuparia. Lankoja on saatavana eri vahvuuksia sekä eri laatuja, käyttötarkoituksen mukaan. (Profec Technologies Oy 2007, 8.)

Teippi

Teippejä käytetään erottamaan käämit toisistaan, käämit ferriiteistä sekä käämin ulkopinnalla suojaamaan käämiä. Lisäksi joko ulkopinnalle tai käämin väliin tulevan teipin alle voidaan sijoittaa kupariliuska, joka toimii staattisena suojana. Usein staattinen suoja kytketään käämilangalla kelarungon nastaan. (Kopakka 3.7.2007.)

Eristesukka

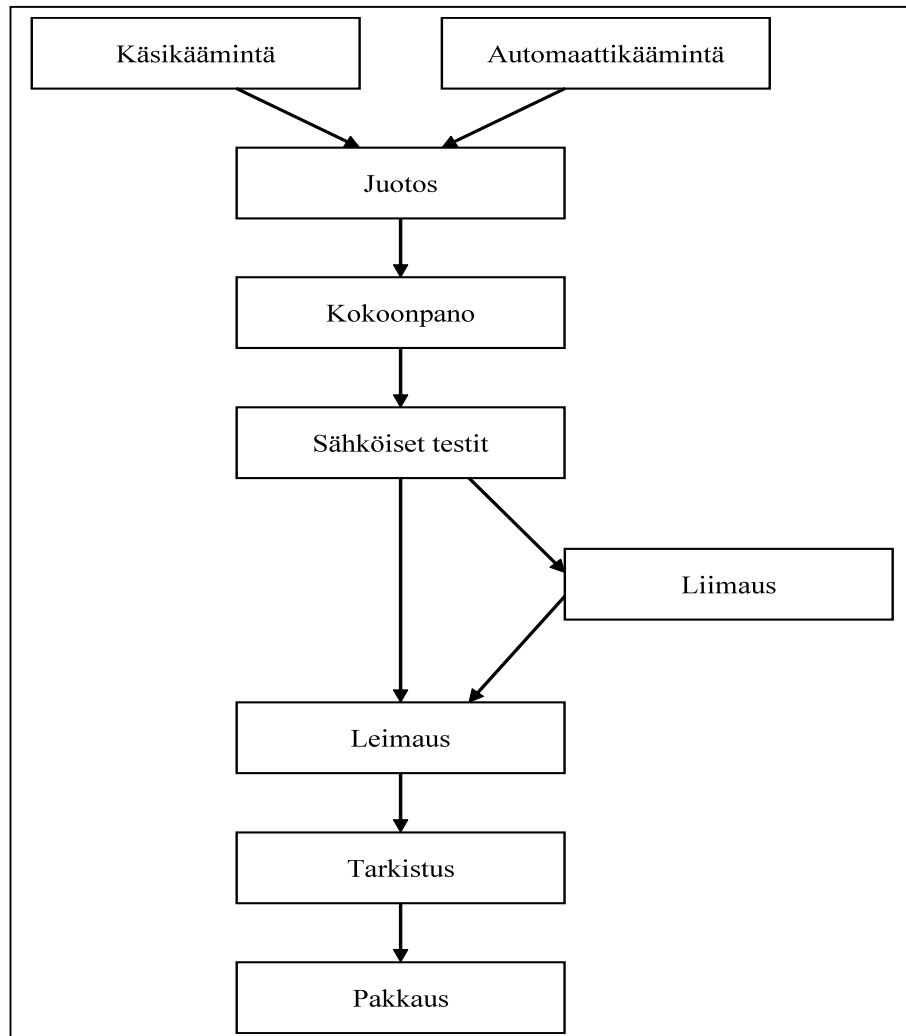
Eristesukkaa käytetään lisäämään komponenttien jännitteensietokykyä suurta jännitettä vaativissa tuotteissa tai jos tuote sitä erityisesti vaatii, esimerkiksi jos eristeteippauksen jälkeen käämilangat menevät ristiin. Lisäksi eräät tuotteet vaativat erillisen ryömintävälin, jonka kasvattamiseen eristesukkaa käytetään. (Kopakka 3.7.2007.)

Klipsi

Klipsien tarkoitus on pitää ferriitit paikoillaan. Klipsien valmistusmateriaali on jousiteräs. Niiden pinta on tinattu juottamisen helpottamiseksi. Liian löysä tai kireä klipsi voi vääristää komponentin induktiivista arvoa. (Kopakka 3.7.2007.)

3 Tuotantoprosessi

Komponenttien tuotantoprosessin kulku on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Komponenttien tuotantoprosessi

3.1 Käsitkäämintä ja automaattikäämintä

Käsitkääminnässä käämintätyön tekee ihminen ja automaattikääminnässä käämintätyöstä vastaa automaattikäämintäkone. Käsitkääminnässä työ suoritetaan käämi kerrallaan, kun taas automaattikääminnässä käämintä tapahtuu samanaikaisesti 4 - 8 karalle.

3.2 Juotos

Juotoksen tarkoituksena on liittää käämilanka nastaan ja varmistaa hyvä sähköinen kontakti. Juotoslämpötila on n. 450° C. Ohuempia kuin 0,1 mm lankoja ei saa kuitenkaan juottaa yli 380° C:seen, koska tällöin lanka voi sulaa poikki. Juotettaessa käytetään fluksia eli juotetta helpottamaan juotosta. Paksuja lankoja juotettaessa on usein parempi käyttää paksua fluksia. Lisäksi juotettaessa tulee varoa kelarungon sulamista. (Profec Technologies Oy 2007, 13.)

3.3 Kokoonpano

Kokoonpanossa suoritetaan kaikki spesifikaatiossa komponentille määrätyt työvaiheet ja ne merkitään myös työmääräimeen suoritetuksi. Kokoonpano tapahtuu kullekin kelatyypille ominaisella prosessilla. Automaattikämmintä sisältää erilaisia aliprosesseja, joissa käytettävät laitteet määräytyvät valmistettavan komponentin perusteella. Tyypillisiä prosesseja ovat esim. automaattikämmintä - tamurakaus ja automaattikämmintä - automaattirakaus. Kokoonpanossa käytetään ainoastaan työmääräimeen merkittyjä materiaaleja. Eri valmistajien samanlaisia ja samalla tuotenumeroilla olevia materiaaleja ei myöskään saa yhdistää samaan komponenttiin. (Kopakka 25.7.2007.)

3.3.1 Väljeriste

Väljeriste on muovikalvo, jota käytetään käämin sisällä lisäämään sen jännitekestävyyttä. Väljeristeen tulee olla suorassa ferriittiin nähden eikä se saa repsottaa ferriitin ulkopuolella. Väljeriste asennetaan työmääräimen mukaan joko ylä- tai aliferriittiin ennen koontaa. (Kopakka 25.7.2007.)

3.3.2 Pohjaeriste

Jos kelan tai muuntajan alla kulkee vetoja piirilevyllä, on työmääräimessä ja osaluettelossa määrätty pohjaeriste lisättäväksi. Oikean tyyppinen eriste asennetaan paikoilleen siten, että se painautuu tiiviisti aliferriitin pohjaa vasten

eikä väännä juotosnastoja vinoon, mikä hankaloittaisi asennusta piirilevylle. Tarvittaessa pohjaeristeen pysyvyys voidaan varmistaa liimaamalla. (Profec Technologies Oy 2007, 14.)

3.4 Sähköiset testit

3.4.1 Jännitekoe

Läpilyöntien ja vuotokohtien paljastamiseksi on suoritettava spesifikaatiossa vaadittu jännitekoe, joka suoritetaan työmääräimen mukaisella jännitteellä, kelapiirustuksessa ilmoitetulta nastaväliltä ja mittauksen keston tulee olla vähintään viisi sekuntia. Mittauksen aikana myös ferriittisydän voi olla kytkettynä joko erikseen tai yhdessä jonkun nastan tai käämin kanssa jännitteeseen. Yleisimmille mittauskytkennöille on omat alustat eli jigit. (Mäkelä 2004, 5.)

3.4.2 Induktanssi

Käämillä on vaihtovirtaa vastustava vaikutus. Sen määrä riippuu käämin kierrosmäärästä ja magneettipiirin rakenteesta. Tätä käämin ja sydämen, eli kelan, rakenteesta riippuvaa vaikutusta kutsutaan induktanssiksi. Induktanssi on suoraan verrannollinen käämin kierrosmäärän neliöön, permeabiliteettiin ja pinta-alaan sekä kääntäen verrannollinen magneettipiirin pituuteen. (Profec Technologies Oy 2007, 15.)

3.4.3 Kapasitanssi

Kapasitanssi eli hajainduktanssi ja induktanssi ovat reaktiivisia suureita ja niiden varsinainen olemus ilmenee vasta, kun niihin vaikuttava virta tai jännite on arvoltaan muuttuva. Tasajännitteen vaikuttaessa kelan ylitse aiheuttaa kela jännitelähteelle oikosulun. Tätä mittausta käytetään ilmaisemaan mm. välieristeen puuttumista. (Profec Technologies Oy 2007, 16.)

3.5 Liimaus

Hyvän magneettisen kytkennän varmistamiseksi ferriittipuoliskot liimataan toisiinsa sekä tarvittaessa kelarunkoon nähden liikkumattomiksi. Tämä koskee erityisesti keloja ja muuntajia, joilta vaaditaan suurta tarkkuutta.

3.5.1 Ferriittien keskinäinen liimaus

Ferriitit voidaan liimata joko pisteliimauksella tai saumaliimauksella. Pisteliimausta käytetään pienemmissä ferriiteissä, suuremmat kelat on aina saumaliimattava. Pisteliimauksen tulee sijaita komponentin kaikilla neljällä sivulla. Liimapisteen halkaisijan on oltava 1,5 - 4,0 mm. Saumaliimauksen leveyden on oltava 1,0 - 4,0 mm. (Profec Technologies Oy 2007, 16.)

3.5.2 Ferriittien liimaus kelarunkoon

Ferriitin liimaamisesta kelarunkoon käytetään nimitystä lukitus. Liimattaessa ferriittiä kelarunkoon, tulee työmääräimestä ja spesifikaatiosta varmistaa tuotteelle ominainen liimaustapa ja -kohta sekä käytettävä liima. (Profec Technologies Oy 2007, 16.)

3.6 Leimaus

Valmiissa kelassa on oltava kelalle määritelly identifiointitunnus. Leima sisältää tuotenumeron lisäksi valmistusviikon muodossa vuosi viikko esim. 9834, sekä valmistajan nimikirjaimet muodossa P (Profec) + etunimen ensimmäinen kirjain + sukunimen ensimmäinen kirjain esim. PMK. (Profec Technologies Oy 2007, 17.)

3.7 Tarkistus

Sähköisten testien lisäksi komponentit tarkastetaan visuaalisesti. Komponenttien tulee olla työmääräimen mukaisia. Lisäksi niiden on täytynyt käydä läpi kaikki työmääräimessä määrätyt työvaiheet. Visuaalisessa tarkistuksessa komponenteista tarkastetaan seuraavat asiat: kelarunko, leima,

teipit, juotokset, käämintä, ferriitit, väli- ja pohjaeristeet sekä sopivuus piirilevyille.

3.8 Pakkaus

Pakkaus tapahtuu erillisen pakkausohjeen mukaisesti. Ohjeessa on määritetty käytettävä pakkausmateriaali, pakkauskoko jne. Tuotteiden pakkaustapa riippuu pääsääntöisesti tuotteen mallista ja koosta. Pintaliitostuotteet pakataan rainaan eli kelaan, mikä mahdollistaa automaattiladonnan asiakkaalla. Lämpiliitostuotteet taas pakataan antistaattisille styrokso-levyille. Suurempia komponentteja varten on olemassa tarjottimia eli levyjä, joissa on juuri kyseiselle komponentille sopiva paikka. Näitä levyjä voidaan pinota useampi päällekkäin, jolloin varastoinnissa ja kuljetuksessa vaadittu tila saadaan mahdollisimman pieneksi.

4 Poikkeamat tuotannossa

4.1 Toiminta virhetilanteissa

Mikäli automaattikasauksessa robotti tuottaa 5-10 virheellistä tuotetta peräkkäin, on syytä ryhtyä etsimään vikaa. Tarkemmat vianhakuohjeet löytyvät kunkin robotin käyttöohjeesta. Tuotanto on keskeytettävä, ellei vika selviä kohtuullisessa ajassa. E6.3 - automaattikasaus on taas keskeytettävä, mikäli virheprosentti ajettavasta tuotteesta riippuen ylittää 10 % tai virheellisiä komponentteja on peräkkäin tullut 50 kpl. Jos vika tuntuu johtuvan kääminnäst, on siitä syytä ilmoittaa käämijöille ja tarvittaessa pyytää apua huoltohenkilöiltä. Myös robottien toimintaan liittyvissä ongelmissa apu löytyy huoltohenkilöiden luota. (Profec Technologies Oy 2007, 20.)

Tuotannon keskeyttämisen jälkeen on otettava yhteys työnopastajaan tai laatuvalvontaan. He auttavat ongelman paikallistamisessa ja tekevät päätöksen jatketaanko tuotantoa vai otetaanko 125 kappaleen näyte-erä. Vakavammissa tapauksissa laatuvalvonta ottaa asian hoitaakseen. (Profec Technologies Oy 2007, 20.)

Tuotannon keskeyttämiseen johtava viallinen materiaali on merkittävä tarralla tai muuten niin, että merkintä seuraa materiaalia. Viallinen materiaali ei missään vaiheessa saa päästä takaisin tuotantoon ennen kuin laatuvaastaava on tehnyt tarvittavat toimenpiteet ja päättänyt sen jälkeen materiaalin kohtalosta. (Profec Technologies Oy 2007, 20.)

4.2 Tuotteelle asetetut vaatimukset

Tuote on poikkeava tai virheellinen, mikäli se poikkeaa joltain osin sille asetetuista laatuvaatimuksista. Osin poikkeamat tai virheet voidaan korjata kohtuullisin kustannuksin. Mikäli tuote on pahoin vaurioitunut tai korjaaminen huomattavan työlästä, tuote hylätään ja sen jälkeen romutetaan.

Kelarunko

Kelarungon tulee olla ehjä. Siinä ei saa olla lohkeamia tai murtumia. Näin varmistetaan hyvä lähtökohta käämirakenteelle ennen kääminnän aloittamista. Lohkeamat tai murtumat voivat asiakkaan käytössä irrota ja pudotessaan, esim. piirilevyille, aiheuttaa oikosulun.

Juotosnasta

Juotosnastojen tulee olla ehjiä ja kohtisuorassa kelarunkoon ja toisiinsa nähden. Muussa tapauksessa komponenttien asennettavuus piirilevyille vaikeutuisi. Vääntyneet juotosnastat voidaan yrittää varovasti suoristaa.

Käämintä

Kääminnän tulee olla tuotteen spesifikaation mukainen. Langanpaksuuden, kelarunkotyypin, kierrosten lukumäärän, käämirakenteen sekä mahdollisten eristeteippien, staattisten suojien sekä sukkien tulee vastata asiakkaan spesifikaatiota. Käämijohdin on kiinnitettävä juotosnastaan siten, ettei käämijohdin eikä juotosnasta vaurioidu. Valmiista kelasta tulee varmistaa, että eristeteipit ovat kiinni ja nousevat kelarungon reunoille peittäen käämitilan kokonaisuudessaan. Lankojen tulee olla käämitty oikeisiin nastoihin oikealle korkeudelle, eivätkä langat saa oikaista tai tehdä ylimääräisiä lenkkejä.

Mahdolliset ylimääräiset langanpäät tulee poistaa oikosulkuvaaran takia. Käämi ei saa olla niin paksu, ettei kellarunko liiku ferriitin sisällä. Käämittäessä tulee varmistaa kelan mahtuminen esteettä ferriittiin. Käämi ei myöskään saa olla purkautunut. Lisäksi tulee tarkistaa, että mahdollinen staattinen suoja eli kupariliuskasta tehty ”käämi” on ehjä eikä siinä ole kohoumia tai piikkejä, jotka voisivat vaurioittaa alempia käämikerroksia. (Mäkelä 2004, 2.)

Ferriitti

Ferriitissä ei saa olla halkeamia. Standardia pienemmät lohkeamat ferriitin kulmissa ja ulkokehällä ovat kuitenkin sallittuja. Sisäkehällä lohkeamia ei saa olla. Ferriitinpuolikkaiden on myös oltava silmämääräisesti vastakkain eikä kohdistuspoikkeama saa ylittää kyseiselle kelatyypille määriteltyä arvoa. Nämä arvot ovat riippuvaisia ferriitin koosta. (Mäkelä 2004, 11.)

Teippaus

Jos pintaeristeteippi on vaurioitunut, on kyseessä teippausvirhe. Teippauksen pää ei saa myöskään olla auennut eikä teipin vajoitus käämitilan reunasta olla suurempi kuin 0,5 mm. Mikäli käämien välinen teippi on vaurioitunut tai puutteellinen, on kyseessä käämintävirhe. (Mäkelä 2004, 2.)

Viritysos

Viritysosan ja viritysavaimen avulla viritetään kelojen induktanssi. Viritysavaimena täytyy käyttää viritysruuvinvalmistajan sille tarkoittamaa tyyppiä, ei koskaan metallista ruuvimeisseliä. Viritysosien on oltava niissä keloissa, joihin se määritetään kuuluvaksi. Lisäksi viritysosien tulee olla ehjiä ja oikein paikoilleen asennettuja. Valmiissa induktiivisessa komponentissa viritysruuvin tulee olla lukittuna, jos työmääräin niin vaatii. Ruuvi lukitaan silkkipainovärillä eli tiputtamalla lukitusväriä injektioruiskun avulla ruuvin päälle. Väriä ei saa käyttää liikaa, yleensä yksi tippa riittää pieniin keloihin. (Mäkelä 2004, 8.)

Liimaus

Liimauksen tulee olla kaikilla ferriitin sivuilla, ellei asiakas erikseen halua saumaliimauksen sijaan kahta pisteliimausta. Liimapisteen tulee tällöin olla keskellä ylä- ja alafferriitin saumaa. Liima ei saa kummallakaan liimaustavalla valua eikä imeytyä ferriittiin. Valkoiset pisteet kuivuneessa liimassa ovat merkki liiman irtoamisesta. (Mäkelä 2004, 6.)

Leimaus

Tuoteleiman tulee olla yksiselitteinen, ilman virhetulkinnan mahdollisuutta. Tuote- ja viikkoleiman tulee olla kokonaisuudessaan luettavia.

Juotos

Juotoksen tulee olla pinnaltaan sileä. Tinan on juotettava sekä juotosnasta että käämijohdin, eikä juotoksessa saa olla piikkejä. Mikäli räppäyksiä eli käämilangan kierroksia nastan ympäri on enemmän kuin kolme, saa ylin räppäys jäädä juottumatta. Tina ei saa oikosulkuvaaran vuoksi yltää läpiliitettävissä malleissa kellarungon ”kurkkuun”. Pintaliitosmalleissa tinaa ei saa olla liian paksusti. Käämijohdinten juotosliitoksen korkeus juotosnastalla ei saa ylittää ferriitin tai kellarungon alapinnan tasoa. Juoksutetta eli fluksia saa olla juotoksessa sopivasti ohuena kerroksena. Kellarungolla ja eristeteipeissä ei saa olla tinaroiskeita tai fluksia. (Mäkelä 2004, 3.)

Sähköinen toiminta

Komponentti voi olla sähköisesti poikki, jos käämilanka on katkennut, juotos on vajaa tai puuttuu kokonaan. Mikäli juotos on hyvä, on vika käämissä, jolloin komponentti poistetaan tuotannosta.

Kyllästys

Kyllästystä käytetään estämään resonointia teholähdekäytössä sekä suojaamaan kosteissa olosuhteissa käytettäviä keloja ja muuntajia. Lisäksi kääminen ja niiden eri osien välinen jännitekestoisuus paranee kyllästämällä. Jos kelapiirustuksissa vaaditaan kyllästys, suoritetaan kestolakkaus. Lakan

tulee kattaa koko kelarakenne siten, ettei sitä joudu juotosnastoihin tai klipseihin. (Mäkelä 2004, 9.)

Induktanssi

Jos mitatun induktanssin arvo on alle ohjearvon, on klipsi liian löysä, ferriitti liian heikko tai ferriittien välissä on joko likaa, kelarungon tai eristeen osia. Ferriittejä keskenään hiertämällä saatetaan komponentti saada arvoihinsa. Eräs hyvä korjaustapa on avata ferriitit ja hieroa niitä kevyesti puhdasta kopiopaperia vasten ja koota komponentti uudelleen. Mikäli mitatun induktanssin arvo taas on yli ohjearvon, on klipsi liian tiukka tai ferriitti liian vahva, jolloin komponentti on purettava sekä kelaan on vaihdettava ferriitit.

Hajainduktanssi

Hajainduktanssi- eli kapasitanssimittauksessa viallisiksi havaitut komponentit ovat aina jollain tapaa käämiviallisia, joten ne puretaan ja klipsit ja ferriitit otetaan talteen. (Profec Technologies Oy 2007, 16.)

Jännitetestaus

Jännitetestaus suoritetaan alla esitetyn taulukon 1 mukaisella otoskoolla, ellei spesifikaatiossa ole toisin määrätty. Kaikkien otoksen komponenttien tulee läpäistä jännitetestit. Mikäli jokin otoksen komponenteista ei läpäise testiä, on koko tuotantoerä jännitetestattava kokonaisuudessaan. Kaikki käsin käämityt tuotteet testataan aina 100 %:sti.

Taulukko 1. Otostarkastuksen näytteenottotaulukko

Erän suuruus	Näyteko	Hylkäämisraja
0 - 1200	125	1
1201 - 3200	200	1
3200 - 10000	500	2

4.3 Yleisimmät virhetyypit

Taulukossa 2 on esitelty tuotannossa yleisimmin esiintyvät virhetyypit, korjaavat toimenpiteet sekä materiaalit, jotka kyseisen virhetyypin esiintyessä otetaan talteen.

Taulukko 2. Virhetyypit, korjaavat toimenpiteet ja materiaalin talteenotto.

Virhetyyppi	Korjaava toimenpide	Materiaalin talteenotto
Kelarunko rikki	Puretaan komponentti	Ferriitit ja klipsit talteen
Juotosnasta vääntynyt	Nastoja voi varovasti oikaista	
Juotosnasta poikki	Puretaan komponentti	Ferriitit ja klipsit talteen
Käämintävirhe	Puretaan komponentti	Ferriitit ja klipsit talteen
Ferriitti rikki	Puretaan komponentti	Kela ja klipsit talteen
Teippausvirhe, päälliteippi	Korjataan	
Teippausvirhe, väliteippi	Romutetaan	
Viritysosavirhe	Ruuvi tai ferriitti vaihdetaan	
Liimausvirhe, vajaa	Liimataan uudelleen	
Liimausvirhe, valunut	Liika liima kaavitaan terällä pois tai komponentti puretaan	Kela ja klipsit talteen
Leimausvirhe	Leimataan uudelleen	
Juotosvirhe, vajaa	Juotetaan uudelleen	
Juotosvirhe, ylijuoittunut	Puretaan komponentti	Ferriitit ja klipsit talteen
Sähköisesti poikki	Puretaan komponentti	Ferriitit ja klipsit talteen
Kyllästysvirhe	Romutetaan	
Induktanssi alle ohjearvon	Hierretään ferriittejä tai puhdistetaan ferriitit kopiopaperia vasten. Mikäli tämä ei auta, puretaan komponentti	Ferriitit ja klipsit talteen
Induktanssi yli ohjearvon	Puretaan komponentti	Ferriitit ja klipsit talteen
Hajainduktanssi	Puretaan komponentti	Ferriitit ja klipsit talteen
Jännitetestivirhe	Puretaan komponentti	Ferriitit ja klipsit talteen
Muu vika	Vikakohtainen	

4.4 Materiaalin talteenotto

Poikkeavien komponenttien materiaalit pyritään soveltuvien osien keräämään talteen ja käyttämään uudelleen. Automaattipuolella ehjät puretut ferriitit kerätään niille varattuihin tuotekohtaisiin laatikoihin. Ferriitit voidaan käyttää uudelleen.

Kelarungoltaan ehjät lakkaamattomat kelat, joissa ei ole katkennutta lankaa, hajainduktanssivikaa tai käämintävirhettä, voidaan myös käyttää uudelleen. Automaattipuolella kelat yleensä kerätään koodeittain niille varattuihin laatikoihin ja ajetaan seuraavassa erässä. Käsien tapahtuvassa kokoonpanossa kelat voidaan korjata heti vaihtamalla ferriitit.

5 Tuotannon seuranta

5.1 Ohjeet ja vaatimukset

Elektroniikkalaitteissa käytettävien induktiivisten komponenttien tulee täyttää riittävän käyttöiän ja toimintavarmuuden saavuttamiseksi asetetut laatuvaatimukset. Tämän takia komponentit valmistetaan yrityksen laatuohjeen, tuotteen spesifikaation ja työmääräimen määrittämällä tavalla. Laatuohjeessa annetaan tarkat kriteerit niin visuaalisille, mekaanisille kuin sähköisillekin poikkeamille. Lisäksi käytettävien työvälineiden ja työmenetelmien tulee olla sellaisia, että ne mahdollistavat laadukkaiden tuotteiden valmistamisen. (Kopakka 25.7.2007.)

Tuotannossa on käytössä ISO 9001:2000 standardin mukaiset työ- ja laatuohjeet. Kaikki valmistuksessa käytettävät materiaalit täyttävät EU:n RoHS-direktiivin säännökset eli tiettyjen vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa. 1.7.2006 alkaen markkinoille saatettavat uudet sähkö- ja elektroniikkalaitteet eivät saa sisältää missään homogeenisessa aineessa enempää kuin 0,1 painoprosenttia lyijyä, elohopeaa, kuuden arvoista kromia, polybromibifenyyliä, polybromidifenyylietteriä eivätkä enempää kuin

0,01 painoprosenttia kadmiumia (Turvatekniikan keskus 2007 [viitattu 2.8.2007]). Lisäksi materiaalit ovat UL-hyväksytyjä. UL eli Underwriters Laboratories Inc. on riippumaton yhdysvaltalainen organisaatio, joka testaa erilaisten tuotteiden, komponenttien, materiaalien ja järjestelmien turvallisuutta (Tekniikka.info 2007 [viitattu 14.8.2007]).

5.2 Työmääräimet

Työmääräimestä löytyvät tiedot komponenttiin tarvittavista materiaaleista varastokoodeineen, tilattu määrä, valmistettu määrä, vaadittavat työvaiheet sekä sähköisten mittausten suorittaminen. Tuotteeseen tehtävät työvaiheet on merkitty mustilla palloilla työmääräimen vasempaan reunaan. Työvaiheen päätyttyä työmääräimeen kuitataan vaihe tehdyksi tekijän nimikirjaimilla sekä merkitään ilmenneet poikkeamat omaan sarakkeeseensa. Lisäksi työmääräimeen merkitään hyväksytyt kappaleet ja pakattava määrä.

Mikäli hyväksyttyjä komponentteja tulee enemmän kuin on pakattava määrä, viedään ylimääräiset komponentit puskurivarastoon. Hyväksytyjen määrän jäädessä alle vaaditun, voidaan vastaavasti ottaa puskurivarastosta puuttuvat komponentit. Lisätyt ja poistetut komponentit merkitään varastolistaan.

Työmääräimeen merkitään lopetuspäiväksi päivä, jolloin koko tuotantoerä on valmis. Tämän jälkeen valmiit, pakatut komponentit viedään lähettämöön ja työmääräin asiakastunnuksenmukaiseen valmiiden tuotteiden lokerikkoon.

5.3 Sisäisen laadunseurannan ohjelma SiLaSe

Ohjelma on otettu yrityksessä käyttöön vuonna 1999. Sen tarkoituksena on helpottaa tuotantoon liittyvien tietojen keruuta, säilyttämistä ja analysointia. Ohjelman avulla työmääräinten sisältämät tuotekohtaiset tiedot tallennetaan laatuosaston toimesta kerran viikossa. (Salminen 3.7.2007.)

Käyttöliittymä on ohjelmoitu Visual Basicilla. Käyttöliittymän kautta tietokenttiin syötetyt tiedot tallentuvat Excel-taulukkolaskentaohjelman taulukoihin. Ohjelmaan on tehty valmiita kyselyjä, joiden perusteella voidaan viikkotasolla

seurata tuotantoa sekä lukujen muodossa, että graafisesti. (Salminen 15.8.2007.)

Ohjelma ei ota kantaa siihen, missä kohtaa tuotantoprosessia mahdollinen virhe on syntynyt tai se on löydetty. Tämän takia virheiden tarkempi tarkastelu vaatii syvempää lukujen tarkastelua ja tuntemusta tuotantoprosessin eri vaiheista sekä tuotteiden eroavaisuuksista. (Kopakka 2.8.2007.)

6 Tuotantotiedot ja niiden analysointi

Nummelan sekä Viron tuotannon tiedot oli tallennettu SiLaSe:n avulla omiin taulukoihinsa. Aluksi taulukoista kerättiin ne tiedot, jotka koskivat tutkimukseen valittua ajanjaksoa eli viittäkymmentä kalenteriviikkoa. Kummankin tuotantopaikan tiedot lajiteltiin aluksi prosesseittain. Tämän jälkeen prosessien sisällä lajiteltiin tuotteet numeeriseen järjestykseen tuotekohtaisen speksinumeron perusteella. Seuraavassa vaiheessa yhdistettiin Nummelan ja Viron tiedot yhteen taulukkoon. Tästä lajittelua jatkettiin niin, että vain ne tuotteet, joita valmistettiin molemmissa tuotantopaikoissa, jätettiin jäljelle. Viimeisenä lajittelukriteerinä käytettiin Viron tuotantomäärää, koska haluttiin erityisesti nähdä juuri ne tuotteet, joita Virossa kappalemääräisesti valmistetaan eniten. Toisessa taulukossa on esitetty vastaavat tiedot prosentteina suhteutettuna tuotantomäärään. Yrityksen käyttämät speksinumerot on korvattu viitteellisillä tuotenumeroilla yrityksen omasta pyynnöstä.

Tarkasteltavat tuotteet valittiin taulukoista ensisijaisesti tuotantomäärien perusteella. Valmistusmäärien ollessa suuria on ensisijaisen tärkeää, että tuotanto toimii erityisesti näiden tuotteiden kohdalla tehokkaasti, ja että mahdollisia tuotantokatkoksia on mahdollisimman vähän. Tarkastelussa keskityttiin suurivolyymisiin tuotteisiin, koska pienivolyymisten tuotteiden taloudellinen vaikutus on vähäisempi.

Yrityksen pyynnöstä tarkasteltavaksi otettiin myös volyymituotteet 5 ja 6, jotka korvaavat aiemman volyymituotteen 7. Näitä kahta tuotetta ei ollut koskaan valmistettu Nummelassa, joten täysin vastaavaa vertailua kuin muiden

tuotteiden osalta ei voitu tehdä. Tarkemman tutkimuksen kohteeksi valikoituivat seuraavat tuotteet: 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 18, 19, 20, 21 ja 22.

6.1 Tuotantomäärät

Tarkasteltaessa tuotantomääriä on heti alkuun huomioitava, että Viron tuotannossa nykyisin käytettävät koneet ovat samoja, joita käytettiin Nummelassa vuonna 2003. Kun tuotanto Nummelassa ajettiin alas vuoden 2003 lopussa, siirrettiin koneet Viroon, jossa tuotantoa taas jatkettiin paikallisten työntekijöiden toimesta. Vaikka koneita huolletaan, niin niiden osat ovat vuosien saatossa kuluneet ja oikeiden säätöjen vaikutus korostuu entisestään.

Tuotantomääriin vaikuttivat myös tuotteiden kysyntä ja niiden elinkaari. Esimerkkinä jälkimmäisestä edellä mainitut tuotteet 5 ja 6, jotka korvaavat tuotteen 7.

6.2 Valmistusvirheet

Valmistusvirheiden analysointia varten haastateltiin yrityksen henkilöstöä, jolla on laaja kokemus sekä Viron että Nummelan tuotantoprosesseissa käytettävistä tuotantolaitteista, tuotteista sekä monista muista tuotantoon liittyvistä asioista.

6.2.1 Automaattikämmintä - Tamurakasa

Virossa tuotteessa 1 oli rikkoutuneita ferriittien osuus 5,5 %, tuotantomäärän ollessa 207 275 kappaletta. Virossa rikkoutuneet ferriitit korjataan vaihtamalla ehjä ferriitti tilalle, kuten Nummelassa aikanaan tehtiin. Virossa kuitenkin kirjataan ferriittirikkoiset hylätyiksi, vaikka ne korjataan. Rikkoutuneiden kelarunkojen suuri määrä samassa tuotteessa on johtunut materiaaliongelmissa kelarungoissa (Kopakka 1.8.2007).

6.2.2 E6.3 - Automaattikasaus

Tuotteiden 5, 6, 7, 8, 9 ja 10 tuotantomäärät vaihtelivat n. 20 000 ja 800 000 välillä. Näistä uusia tuotteita olivat 5 ja 6, joita ei Nummelassa vielä valmistettu

vuonna 2003 ja jotka hiljalleen korvaavat poistuvan tuotteen 7. Tuotteiden 7, 8, 9 ja 10 kohdalla rikkoutuneiden kellarunkojen määrä Viron tuotannossa oli huomattavasti suurempi kuin Nummelan tuotannossa oli aiemmin ollut. Viron tuotannossa rikkoutuneita kellarunkoja oli tuotteesta riippuen 2,7 - 7,4 % tuotantomäärästä, kun vastaava luku Nummelassa oli enimmillään 0,1 %. Tämä johtuu kulttuurieroista eli Virossa on työmääräimeen merkitty virheeksi ”kellarunko rikki”, vaikka todellinen syy on käämintävirhe (Kopakka 1.8.2007).

Liimausvirheisiin vaikuttivat liimapisteidien huono kohdistus. Toinen vaikuttava tekijä oli uunien väärä lämpötila, jossa liima sulatetaan.

Induktanssivirheet johtuivat pääosin siitä, että ferriittien kohdistus toisiinsa nähden ei ollut riittävän tarkka. Tämän aiheutti useimmiten virhe koneen säädöissä ja koontapesien kohdistuksessa (Heinonen 15.8.2007).

6.2.3 Automaattikäämintä - Automaattikasaus

Viron tuotannossa tuotteita 18, 19, 20, 21 sekä 22, joissa ferriitti oli rikki, oli huomattavan paljon verrattuna Nummelassa tapahtuneeseen tuotantoon. Virossa ferriittirikkoisten osuus tuotantomäärästä oli 2,2 – 6,4 % ja Nummelassa alle prosenttiyksikön kymmenyksen. Tähän löytyi kaksi syytä: ensinnäkin Nummelassa aikanaan koneen käytöstä huolehtinut henkilö oli erittäin kokenut ja ammattitaitoinen (Kopakka 1.8.2007). Tämän johdosta hän kykeni säätämään koneen heti niin, ettei se rikkonut ferriittejä. Toinen syy on suurista tuotantomääristä johtuva koneen kulumisen, joka osaltaan myös vaikuttaa siihen, etteivät asetetut säädöt pysy enää optimaalisina. Kuluneet koontapesät sallivat alaferriitin ja kellarungon liikkumisen hieman sivuun yläferriittiä asennettaessa.

Samojen tuotteiden kohdalla havaittiin myös suuri ero rikkoutuneiden kellarunkojen määrässä Viron ja Nummelan välillä. Virossa kyseinen määrä oli 0,6 – 1,9 % tuotantomäärästä ja Nummelassa 0,1 – 0,2 %. Tämä johtui jo edellä mainitusta kulttuurierosta Viron ja Nummelan välillä, eli Virossa virheeksi on merkitty ”kellarunko rikki”, vaikka todellinen syy näidenkin tuotteiden kohdalla on

käämintävirhe. Lisäksi näihin lukuihin vaikuttivat myös koontarobotin kasauspesän kuluminen väljäksi sekä robotin kohdistuspisteiden tarkastus sekä säätö.

Tuotteiden 18 ja 19 kohdalla käämintä- ja juotosvirheiden määrä oli Viron tuotannon osalta huomattavan suuri verrattuna Nummelan vastaaviin lukuihin. Tähän syynä oli huonosti tehty käämintä.

6.2.4 Käsikäämintä - Käsikasa

Näiden tuotteiden kohdalla tuotantomäärät olivat todella pieniä eli 500 – 2500 kappaletta. Käsien valmistetuissa tuotteissa virheet voidaan suurimmassa osassa tapauksista korjata heti, kun virhe havaitaan. Verrattaessa Viron ja Nummelan tuotantoa yleisellä tasolla on havaittavissa, että hylättyjen määrä ei ole niinkään riippuvainen tuotantopaikasta, vaan tuotteesta. Tuotteen fyysinen koko tai asiakkaan tuotteelle määrittelemät speksit vaihtelevat ja vaikuttavat omalta osaltaan siihen, kuinka helppoa jokin tuote on käsin valmistaa.

7 Tulokset

Virossa käämivirheiden määrään oli ensinnäkin vaikuttanut käämijöiden vaihtuvuus. Uudelta työntekijältä vie oman aikansa oppia työtehtävät ja erityisesti harjaantua havaitsemaan mahdolliset virheet, koska käsiteltävät komponentit ovat fyysiseltä kooltaan pieniä. Visuaalinen tarkistus on tärkeä osa prosessia, jolloin työntekijän ammattitaidolla on suuri merkitys niin itse kääminnässä kuin työn jäljen tarkistamisessakin. Erityistä opastusta uusille työntekijöille ei ole, vaan vanhat työntekijät opettavat työtehtävät uusille työntekijöille.

Toinen virheitä lisäävä tekijä oli kiire. Yhtä konetta käyttää yksi ihminen, jolloin huomioitavia asioita on paljon. Jotta tuotanto sujuisi juohevasti, on koneen käyttäjän oltava ammattitaitoinen, koko ajan valppaana ja puututtava välittömästi havaitsemiinsa epäkohtiin. Tuotanto tulee keskeyttää koneen käyttäjän toimesta heti, kun havaitaan tuotteiden olevan virheellisiä.

Kolmantena asiana nousivat esille koneiden säädöt. Tuotteiden ollessa fyysiseltä kooltaan pieniä, pitää asetusten ja säätöjen olla kunnossa. Pienetkin poikkeamat heijastuvat heti virheiden määrään ja johtavat tuotannon hidastumiseen ja tuotteiden rikkoontumisten lisääntymiseen. Lisäksi koneen osat kuluvat käytössä ja tämä omalta osaltaan vaikuttaa juuri säätöjen pysyvyyteen ja tarkkuuteen. Koneiden ennakoivan huollon avulla voidaan vaikuttaa tuotannon toimintavarmuuteen, sujuvuuteen ja koneiden pysymiseen säädöissä. Koneen koontakynnet sekä koontapesät voidaan korvata uusilla, mikäli väljyys näissä aiheuttaa rikkoontuneita kelarunkoja ja ferriittejä.

Neljäs huomio liittyi palkkaan. Tuotantotyöntekijöiden palkka määräytyy Virossa työvuoron aikana valmistettujen kappaleiden määrän perusteella. Aiemmin tämä johti muutamissa tapauksissa siihen, että käämirvirheiden määrä nousi suureksi. Tähän epäkohtaan on jo kuitenkin puututtu. Jokaisella työntekijällä on nykyisin henkilökohtainen astia, johon käämityt komponentit kerätään. Näin voidaan jälkikäteen selvittää, kuka on käämintätyön tehnyt ja mahdollisesti puuttua lisäopastuksen kautta työn laatuun ja sen omatoimiseen seurantaan.

Viidentenä tekijänä nousi esille vastuu. Erityisesti uusille työntekijöille tulee heti alusta alkaen painottaa, että jokaisella henkilöllä on vastuu tekemästään työstään ja sen laadusta. Virheellisiin toimintatapoihin ja tuotteisiin tulee puuttua ja jokaisen tulee vastata siitä, että tekee työnsä mahdollisimman tarkasti ja hyvin. Virossa tapahtuvan tuotannon työntekijöiden, erityisesti laadusta vastaavan henkilön, tulee perehtyä analysoimaan syntyneitä virheitä sekä kirjaamaan ne oikein. Tämä näkyi erityisesti rikkoutuneiden kelarunkojen määrissä, joissa usein todellinen virheen syy oli huono käämintä tai vääntyneet juotosnastat.

Kuudes huomio koskee tuotteiden vaatimuksia. Mikäli asiakas on määrittänyt esimerkiksi valmistettavalle tuotteelle erittäin tarkan induktanssiarvon, on loogista, että virheellisiä tuotteita syntyy suhteessa enemmän, kuin jos ferriitin AL-arvon vaihteluväli saisi olla suurempi.

Seitsemäntenä olivat materiaaliongelmat. Tiettyjen tuotteiden kokoonpanossa virheiden syynä on ollut materiaaliongelmat kellarungoissa. Virheellisestä materiaalista johtuen kellarungossa on ollut murtumia tai lohkeamia.

Viimeisenä asiana tulosten analysoinnissa on huomioitava laaduntarkastuksen ja ohjeistuksen kehittyminen vuosien varrella. Virossa tuotteen hylkäämiskynnys on nykyisin paljon matalampi kuin vuonna 2003 oli Nummelassa. Työntekijöitä voisi muistuttaa hylkäyskriteereistä hakemalla mallit hyväksyttävästä ja hylättävästä tuotteesta. Näiden avulla visuaalisessa tarkastuksessa tapahtuvat virhearvioinnit todennäköisesti vähenisivät. Lisäksi laaduntarkastuksen tulee koskea myös materiaaleja, ei pelkästään työn jälkeä tai komponentin toimivuutta.

Tuotannon henkilökunnan koulutus ja ammattitaito, tuotantolaitteiden kunto sekä jatkuva laaduntarkkailu ovat näin ollen keskeisiä asioita, kun halutaan vähentää tuotannossa tapahtuvia virheitä ja tehostaa tuotannon toimintaa.

8 Yhteenveto

Profec Technologies Oy:n omaan käyttöönä kehittämä sisäisen laadunseurannan ohjelma SiLaSe mahdollisti tallennettujen tuotekohtaisten tuotantomäärien ja virhetyyppien seurannan. Tarkasteltavana oli kahden eri tuotantopaikan tietoja, sillä tuotantolinjat siirrettiin vuoden 2003 lopussa Nummelasta Viroom markkinoiden muuttumisen ja kilpailun kiristymisen takia. Vertailtavana oli viidenkymmenen kalenteriviikon ajanjakso Nummelassa 2003 tapahtuneesta tuotannosta ja yhtä pitkä ajanjakso vuosien 2006 - 2007 aikana Virossa tapahtuneesta tuotannosta.

Yrityksen toiminnan kannalta tärkeää oli, että suuria määriä valmistettavien tuotteiden tuotanto toimi tehokkaasti ja että mahdollisia tuotantokatkoksia oli mahdollisimman vähän. Myös suurivolyymisten tuotteiden taloudellinen vaikutus oli merkittävämpi kuin niiden tuotteiden, joita valmistettiin tarkasteluajanjaksona vain pieniä määriä.

Tuotantomäärien ja virhetyyppien seurannasta saatujen tietojen sekä haastattelujen perusteella nousi esiin kahdeksan asiaa. Suurin osa huomioista liittyi toimintatapoihin, mutta esiin nousi myös asiakkaan esittämät tiukat vaatimukset tuotteen teknisistä ominaisuuksista.

Tuotannossa syntyneisiin virheisiin vaikuttivat seuraavat asiat: henkilöstön vaihtuvuudesta johtuva ammattitaidon puute, kiire, koneiden säädöistä ja kulumisesta johtuva toimintavarmuuden puute sekä virheelliset toimintatavat esimerkiksi virheiden merkinnoissa. Omalta osaltaan virheiden määrään vaikuttivat myös seuraavat seikat: asiakkaan esittämät tiukat tuotevaatimukset, kappalekohtainen palkkaus, työntekijän vastuu oman työn jäljestä sekä laaduntarkastuksen kehittyminen ja ohjeistusten tarkentuminen.

Tuotannon henkilökunnan koulutus ja ammattitaito, tuotantolaitteiden hyvä kunto sekä jatkuva laaduntarkkailu olivat keskeisiä asioita. Näillä oli vaikutusta niin tuotannon tehokkuuteen kuin siellä tapahtuneisiin virheisiin.

Tutkimuksen alussa tutustuin yrityksen sisäiseen käyttöön tarkoitettuun koulutusmateriaaliin sekä induktiivisten komponenttien laatustandardiin. Tämän jälkeen vuorossa oli SiLaSen avulla tallennettujen tuotantotietojen järjestäminen ja analysointi. Tuotantotietojen järjestäminen vei yllättävän paljon aikaa, mutta oli jatkon kannalta tärkeä osa tutkimusta. Koulutusmateriaalin avulla sain perustietoja tuotteista, niiden valmistusprosessista sekä erilaisista virhetyypeistä.

Tämän jälkeen keräsin tarkentavia tietoja haastatteleamalla yrityksen työntekijöitä. Heillä oli paljon tietoa erilaisista tuotteista ja erityisesti virhetyypeistä, joita tietyissä tuotteissa tyypillisesti havaittiin. Haastattelut olivat ainoa tapa saada kerättyä näitä tärkeitä tietoja, sillä monet asiat olivat vain työntekijöiden tiedossa eikä niitä oltu sen tarkemmin dokumentoitu tai sisällytetty ohjeisiin. Tämä oli myös tutkimuksen antoisin vaihe, koska pääsi selvittämään mitkä olivat ne syyt, jotka vaikuttivat tuotantoon ja tuotteissa havaittuihin virheisiin.

LÄHTEET

Heinonen, Anna-Liisa, prosessiteknikko. Haastattelu 15.8.2007. Profec Technologies Oy.

Kopakka, Katri, laatuteknikko. Haastattelu 3.7.2007. Profec Technologies Oy.

Kopakka, Katri, laatuteknikko. Haastattelu 25.7.2007. Profec Technologies Oy.

Kopakka, Katri, laatuteknikko. Haastattelu 1.8.2007. Profec Technologies Oy.

Mäkelä, Katri 2004. Induktiivisten komponenttien laatustandardi. Profec Technologies Oy.

Profec Technologies Oy 2007. Yrityksen sisäinen koulutusmateriaali. Profec Technologies Oy.

Salminen, Sami, tekninen tuki. Haastattelu 3.7.2007. Profec Technologies Oy.

Salminen, Sami, tekninen tuki. Haastattelu 15.8.2007. Profec Technologies Oy.

Tekniikka.info 2007. Sanakirja [viitattu 14.8.2007]. Saatavissa

<http://www.tekniikka.info/?page=selite&word=62369&criteria=1&keyword=CSA&ID=cb461ce0e2c7ada3fd8282e754203827>

Turvatekniikan keskus. RoHS-direktiivi [viitattu 2.8.2007]. Saatavissa

<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/ROHS-direktiivi/>

Tuominen, Aulis 2005. Elektroniikan komponentit ja materiaalit IV. Turun yliopisto.

Liite 1. Viron ja Nummelan tuotantoluvut, kappalemääräiset virheet.

[illegible]

[illegible]

Liite 2. Viron ja Nummelan tuotantoluvut, prosentuaaliset virheet.

	Speksinro	Tuotantomäärä	Hyväksytyt	Korjatut	Hylätyt	Korjatut ja hylätyt yhteensä	Korj. kelarunko	Kelarunko rikki	Korj. juotosnasta	Juotosnasta poikki/vääntynyt	Korj. käämintävirhe	Käämintävirhe	Korj. ferriitti uudella	Ferriitti rikki	Teippausvirhe	Korj. liimausvirhettä	Liimausvirhe	Leimausvirhe	Korj. juotosvirhe	Juotosvirhe	Sähköisesti poikki	Kyllästysvirhe	Korj. induktanssi virhettä	Induktanssi yli/ali	Hajainduktanssi suuri	Jännitetestivirhe	Korj. muutavikaa	Muu vika	Korjatut %	Hylätyt %	
Automaattikäänintä-Tamurakasaus																															
Viro	Tuote 1	207 275	97,2 %		9,4 %	9,4 %		1,0 %				1,1 %		5,5 %						0,6 %								1,2 %	0,00 %	9,42 %	
Nummela		62 434	97,0 %	0,7 %	3,0 %	3,7 %		0,7 %		0,0 %		0,6 %	0,4 %	0,3 %				0,0 %			0,7 %	0,1 %		0,3 %			0,7 %	0,70 %	3,01 %		
Viro	Tuote 2	20 845	96,8 %		6,9 %	6,9 %		2,2 %				0,3 %		1,5 %	0,0 %					2,4 %	2,4 %			0,0 %			0,5 %	0,00 %	6,91 %		
Nummela		3 855	96,7 %	1,7 %	3,2 %	4,9 %		0,7 %				0,2 %	0,5 %	0,3 %	0,0 %					2,0 %	0,1 %			1,2 %				1,71 %	3,19 %		
Viro	Tuote 3	10 467	94,5 %		11,1 %	11,1 %		2,8 %				0,2 %		2,8 %	0,0 %					4,9 %								0,4 %	0,00 %	11,08 %	
Nummela		5 726	99,1 %	3,7 %	0,9 %	4,6 %		0,2 %				0,3 %	0,6 %	0,1 %						0,3 %	0,1 %		3,1 %					3,67 %	0,89 %		
Viro	Tuote 4	520	95,2 %		43,5 %	43,5 %		1,0 %				2,1 %		37,7 %						0,2 %								2,5 %	0,00 %	43,46 %	
Nummela		1 489	96,2 %	4,0 %	3,8 %	7,7 %		0,4 %				0,3 %	0,5 %							0,5 %	0,7 %		3,5 %					3,96 %	3,76 %		
E6.3-Automaattikasaus																															
Viro	Tuote 5	787 562	87,9 %	7,2 %	17,6 %	24,8 %	0,1 %	5,4 %	2,4 %	1,5 %		1,3 %		0,1 %		0,5 %	0,1 %			1,1 %							0,3 %	7,16 %	17,62 %		
Viro	Tuote 6	616 968	89,9 %	8,0 %	14,0 %	22,0 %		3,5 %	2,9 %	1,4 %		1,0 %		0,1 %		0,1 %	0,0 %		0,0 %	1,3 %			4,1 %	7,9 %			0,2 %	8,00 %	14,05 %		
Viro	Tuote 7	57 018	87,8 %	14,1 %	19,7 %	33,8 %		7,4 %	6,2 %	1,6 %		1,0 %		0,1 %		0,0 %	0,0 %			1,2 %			7,8 %	7,3 %			1,0 %	14,08 %	19,68 %		
Nummela		339 051	90,5 %	8,7 %	6,8 %	15,5 %		0,1 %	7,3 %	0,3 %		0,5 %		0,2 %		0,3 %	0,1 %			0,5 %	0,0 %		0,9 %	4,9 %	0,1 %	0,0 %	0,2 %	8,74 %	6,80 %		
Viro	Tuote 8	28 302	91,1 %	5,9 %	13,9 %	19,7 %		4,7 %	2,6 %	0,5 %		0,6 %		0,2 %		0,1 %	0,1 %			1,3 %			3,2 %	5,6 %			0,9 %	5,88 %	13,67 %		
Nummela		23 559	92,4 %	10,3 %	7,6 %	17,8 %		0,0 %	9,5 %	0,6 %		0,4 %		0,3 %		0,4 %	0,3 %			2,2 %	0,0 %		0,4 %	2,1 %			1,6 %	10,29 %	7,56 %		
Viro	Tuote 9	25 112	81,3 %	10,0 %	24,1 %	34,1 %		6,5 %	5,6 %	2,9 %		1,2 %		0,1 %		0,3 %	0,2 %			4,0 %			4,1 %	6,5 %			2,7 %	10,04 %	24,06 %		
Nummela		78 498	95,1 %	13,5 %	4,9 %	18,4 %		0,1 %	12,6 %	0,7 %		0,6 %		0,1 %		0,3 %	0,1 %			1,2 %	0,0 %	0,0 %	0,3 %	1,6 %		0,2 %	0,5 %	13,46 %	4,92 %		
Viro	Tuote 10	19 824	87,3 %	6,1 %	15,5 %	21,7 %		2,7 %	3,7 %	1,0 %		0,9 %		0,1 %		0,1 %	0,1 %			1,8 %			2,4 %	8,3 %			0,7 %	6,14 %	15,53 %		
Nummela		21 134	97,0 %	10,0 %	3,6 %	13,6 %		0,0 %	8,5 %	0,5 %		0,2 %		0,2 %		0,6 %	0,0 %			0,3 %	0,1 %		0,5 %	2,1 %		0,3 %	0,2 %	9,98 %	3,65 %		
Viro	Tuote 11	6 383	89,3 %	4,8 %	15,4 %	20,2 %		4,3 %	3,1 %	2,5 %		0,4 %		0,4 %		0,1 %	0,3 %			3,4 %			1,5 %	4,0 %			0,2 %	4,78 %	15,42 %		
Nummela		1 098	96,4 %	44,2 %	3,6 %	47,8 %		0,3 %	42,8 %	0,4 %		0,4 %											1,4 %	2,0 %			0,6 %	44,17 %	3,64 %		
Viro	Tuote 12	5 570	85,9 %	4,2 %	18,8 %	23,0 %		4,6 %	1,9 %	1,3 %		0,6 %		0,1 %		0,5 %				6,1 %			1,8 %	6,0 %			0,2 %	4,18 %	18,78 %		
Nummela		4 738	94,8 %	13,6 %	5,0 %	18,6 %		0,0 %	12,5 %	0,5 %		0,2 %		0,1 %		0,4 %				0,2 %			0,6 %	3,6 %	0,1 %		0,2 %	13,55 %	5,00 %		
Viro	Tuote 13	4 857	92,3 %	1,4 %	12,9 %	14,3 %		5,1 %	0,1 %	0,6 %		1,5 %		0,1 %						1,2 %			1,3 %	4,4 %			0,1 %	1,44 %	12,87 %		
Nummela		21 964	95,9 %	10,1 %	4,1 %	14,2 %		0,0 %	8,9 %	0,2 %		0,1 %		0,5 %		1,0 %	0,1 %	0,0 %		0,4 %	0,1 %		0,1 %	2,0 %			0,7 %	10,07 %	4,12 %		
Viro	Tuote 14	4 109	89,8 %	8,3 %	14,8 %	23,1 %		4,5 %	4,5 %	1,1 %		1,1 %		0,1 %		0,3 %				5,5 %			3,5 %	2,3 %			0,1 %	8,27 %	14,82 %		
Nummela		14 205	95,9 %	11,5 %	4,2 %	15,7 %		1,3 %	10,4 %	0,2 %		0,2 %		0,1 %		0,1 %	0,4 %			0,1 %			1,0 %	1,4 %			0,6 %	11,47 %	4,18 %		
Viro	Tuote 15	2 432	86,1 %	2,6 %	20,0 %	22,7 %		5,6 %	2,0 %	2,0 %		0,2 %		0,5 %						9,2 %			0,7 %	0,8 %			1,5 %	2,63 %	20,02 %		
Nummela		965	97,7 %	42,0 %	2,1 %	44,0 %		0,2 %	32,7 %	0,2 %						2,5 %							6,7 %	1,5 %			0,2 %	41,97 %	2,07 %		
Viro	Tuote 16	2 260	89,7 %	17,7 %	14,4 %	32,1 %		3,9 %	17,3 %	1,0 %		1,9 %		0,2 %		0,0 %	0,2 %			2,7 %			0,4 %	4,1 %			0,2 %	17,65 %	14,42 %		
Nummela		5 157	90,5 %	6,0 %	7,4 %	13,4 %		0,1 %	3,1 %	0,2 %	0,4 %	2,2 %		0,1 %		0,6 %	0,0 %			0,3 %			1,9 %	3,0 %		0,8 %	0,8 %	5,96 %	7,45 %		
Viro	Tuote 17	872	86,4 %	3,4 %	18,1 %	21,6 %		3,9 %	2,1 %	2,2 %				0,6 %						0,7 %			1,4 %	10,7 %			0,1 %	3,44 %	18,12 %		
Nummela		200	65,0 %	11,5 %	35,0 %	46,5 %			11,5 %	7,0 %		0,5 %		1,0 %						3,0 %				23,5 %				11,50 %	35,00 %		

